

Relación de los factores climáticos y la edad con el rendimiento y calidad del Pennisetum purpureum vc CT 169 en la Provincia de Granma, Cuba.

INTRODUCCIÓN:

En el mundo entero la ganadería constituye una fuente de ingresos económicos alto, viéndose así en la necesidad de buscar fuentes alimenticias para los animales con un mejor rendimiento nutricional y baja inversión. Las gramíneas tropicales constituyen el principal alimento para los más de 3000 millones de bovinos, pequeños rumiantes y herbívoros que son la fuente fundamental de proteína animal, para la población de un gran número de países (Martín, 1998).

En Cuba, la principal fuente de alimento para el ganado vacuno la constituyen los pastos y forrajes, determinado por ser fuente que no compite con la alimentación de otras especies; el rumiante tiene la posibilidad de utilizar alimentos fibrosos, se pueden cultivar todo el año y resultan un recurso económicamente viable y amigable con el ambiente (Febles *et al.*, 2006).

El género Pennisetum es uno de los pastos más difundidos en Cuba debido a su buen establecimiento y alto rendimiento el cual alcanza en algunas especies hasta 50 ton/ha/año, este género fue introducido en Cuba en la década del 70, al igual que el resto de los forrajes tropicales (Herrera *et al.*, 1995).

El Cuba CT -169 es uno de los mutantes del King-grass obtenido a partir de técnicas biotecnológicas por especialistas del Instituto Cubano de Ciencia Animal (ICA), este pasto posee buenas posibilidades para su utilización como forraje debido a su adecuada altura, hojas anchas y largas, aceptable, resistencia a la sequía y adecuada composición química (Ramírez De La Ribera *et al.*, 2008).

Las condiciones climáticas predominantes en Cuba, caracterizadas por la distribución irregular de las lluvias, la variación de la temperatura y de la radiación solar, provocan la disminución drástica de los rendimientos de materia seca y

calidad de los pastos, principalmente en el período poco lluvioso. Esto ocasiona baja disponibilidad de alimento para el ganado vacuno, lo que limita la producción de leche y carne en este período (Fernández, 2003). Por otra parte, la falta de especies forrajeras de buena calidad, adaptadas a las condiciones ambientales prevalecientes en las diversas zonas ganaderas se señala como uno de los problemas que más limitan el desarrollo de la ganadería (Sosa *et al.*, 2004).

En la provincia Granma y en especial en el Valle del Cauto, donde se asienta una parte importante de la ganadería, estos aspectos cobran mayor relevancia debido a la calidad de los suelos, las altas temperaturas, bajas precipitaciones, disponibilidad de recursos y agrosistemas en gran mayoría frágiles y degradados (Ramírez De La Ribera, 2010).

En el campo de la nutrición se hace necesario un conocimiento cada día más preciso del valor alimenticio de los pastos y forrajes, los cuales constituyen en el trópico la mayor fuente de alimentación de los animales y la más económica por lo que es sumamente importante conocer el valor alimenticio de los diferentes forrajes verdes o conservados que pueden formar parte de la ración y que permite exteriorizar el potencial máximo de producción de los animales (Cáceres y González, 2000). En tal sentido (Herrera, 2004) argumentó que los pastos resultan ser una fuente apropiada de alimentos para el vacuno, principalmente en países de clima tropical como Cuba.

Teniendo en cuenta lo antes expuesto y la poca información sobre la relación existente entre los factores del clima, la edad, el rendimiento y la calidad de los pastos tropicales, identificamos el siguiente problema.

Problema: Se desconoce la relación de los factores climáticos y la edad de rebrote con el rendimiento e indicadores de la calidad del *Pennisetum purpureum* vc. CT 169 en el Valle del Cauto, Provincia de Granma.

Hipótesis: El conocimiento del efecto de los factores climáticos y la edad sobre el rendimiento y calidad del *Pennisetum purpureum* vc. CT 169 en el Valle del Cauto podría constituir un elemento básico para establecer estrategias de manejo, de esta especie en suelos de la Provincia de Granma.

Objetivo general: Establecer expresiones matemáticas que permitan plantear la relación entre los indicadores productivos y de calidad de la especie *Pennisetum purpureum* vc. CT 169 con la edad de rebrote y los factores climáticos en el Valle del Cauto.

Objetivos específicos:

1.- Establecer correlaciones entre los factores climáticos y los indicadores productivos y de calidad del pasto *Pennisetum purpureum* vc. CT 169.

2.- Plantear expresiones matemáticas que permitan establecer la relación entre los factores climáticos (Humedad Relativa, T. máxima, T. media, T. mínima, lluvias totales, Radiación solar), con la edad e indicadores productivos (rendimiento de hojas y tallos) y calidad.

CAPITULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

I.1 Origen y distribución

Originaria de: África: Kenia, Tanzania, Uganda, Etiopía, Angola, Malawi, Mozambique, Zambia, Zimbawe, Côte D'Ivoire, Ghana, Guinea, Liberia, Nigeria, Sierra Leona, Togo, Camerún. Generalmente se encuentra a lo largo de los ríos y los márgenes de los bosques los suelos más fértiles.

El género *Pennisetum purpureum* está distribuido a nivel mundial en las zonas tropicales y en varios estudios ha sido considerado como un pasto que brinda altos rendimientos de biomasa por tal razón se ve la necesidad de introducirlo a la República de Cuba para adicionarlo en la alimentación animal.

I.1.1 Introducción del genero *Pennisetum* en el Continente Americano y en Cuba

La hierba elefante o hierba napier, capim o caña africana fue introducida a los Estados Unidos de Norteamérica de África en 1913 (Sollenberger *et al.*, 1988) probablemente del actual Zimbawe por el coronel Napier (Pereira, 1994) y fue distribuida a los granjeros de la Florida en 1915. Actualmente, el género *Pennisetum* se encuentra en todo el mundo tropical y subtropical, representado por un número elevado de especies y variedades que han sido colectadas en varias zonas de Brasil, África y Asia (Pereira, 1994).

Este género y específicamente *Pennisetum purpureum*, fue introducido en Cuba de los Estados Unidos a través de la Estación Experimental de Santiago de las Vegas durante la primera mitad del siglo pasado y se distribuyó primeramente por todo el país como un forraje de corte para la alimentación bovina (Febles *et al.*, 2006).

I.2 Clasificación taxonómica

Tomando en cuenta los criterios de Gold, (1968) y Anon, (1997) la clasificación taxonómica es:

- **Reino:** Planta
- **Tipo:** Magnoliophyta
- **Clase:** Liliopsida
- **Orden:** Poales
- **Familia:** Poaceae
- **Subfamilia:** Panicoideae
- **Tribu:** Paniceae
- **Género:** Pennisetum
- **Especie:** *Pennisetum purpureum*

El conocimiento de la clasificación taxonómica de una especie en estudio orienta claramente sobre el hábito y crecimiento de la planta en un ecosistema donde se desarrolle adecuadamente y conocer que rendimientos puede brindar para que sean aprovechados.

I.3 Descripción y hábito de crecimiento

El potencial de crecimiento y producción de los pastos está en dependencia de la vía metabólica utilizada para llevar a cabo la fotosíntesis, así como de su vínculo con la respiración. De ahí que la productividad de los pastizales dependa de la eficiencia de conversión que realicen del CO₂ atmosférico, de los nutrientes, de la humedad de los suelos y la energía solar (Del Pozo, 2004).

Las gramíneas forrajeras tropicales son predominantemente de ruta fotosintética C₄, lo que determina tasas de crecimiento altas, al poseer mayor capacidad para aprovechar la radiación solar y fijar CO₂ (Rodríguez *et al.*, 2008).

Se asume que el King grass es portador del sendero C₄ de la fotosíntesis, mientras que la actividad y distribución enzimática es semejante al Napier (Bucke y Oliver, 1975).

Según Herrera, (1990) posee hojas anchas y largas que alcanzan un valor de 3,5 y 105 cm, respectivamente y su grueso es de 0,21 cm. Su color varía desde el verde claro (joven) al verde oscuro (maduro).

En cada planta se pueden encontrar 13,1 hojas completamente abiertas y a partir de los 60 días de rebrote comienza la aparición de hojas cloróticas o marchitas (2,4 hojas por planta) en las secciones más próximas al nivel del suelo. Puede alcanzar hasta 4 m de altura, pero en condiciones normales de explotación llega a 190 cm. El tallo tiene un diámetro de 1,2 cm y su color varía por las condiciones antes señaladas. Es flexible en estadio joven y rígido cuando alcanza su madurez. La distancia entre nudos es de 17,2 cm y tiene 10 nudos a lo largo del tallo (Febles *et al.*, 2006).

Las yemas son grandes, sobresalen del entrenudo donde se insertan, sobre todo las de las secciones inferiores del tallo; hacia la parte apical del tallo el número relativo de yemas aumenta por la menor longitud de los entrenudos. Las yemas están protegidas por la vaina que alcanza hasta 20,7 cm de longitud y se envuelve 57% alrededor del tallo. Sin embargo, esta envoltura disminuye hacia la base del tallo e incluso puede no estar presente a medida que la edad de la planta aumenta (Febles *et al.*, 2006).

La germinación de las yemas puede comenzar a partir de la primera semana después de la plantación de los esquejes, alcanza el máximo alrededor de los 40 días y declina posteriormente. El ahijamiento puede ocurrir desde la tercera semana y aumenta rápidamente hasta los dos meses posteriores a la plantación, para después estabilizarse hasta el momento del corte, donde de nuevo se presenta un sensible aumento (Febles *et al.*, 2006).

Florece entre los meses de noviembre y febrero, cuando la planta alcanza una altura entre 1,0 y 1,5 m. En este momento, puede detener su crecimiento y ocurre un discreto adelgazamiento de las hojas y los tallos. Puede presentar brotes laterales en número mayor de 10 por planta florecida y el rendimiento generalmente se

reduce. La inflorescencia alcanza 23,5 cm de longitud y su semilla botánica es fértil teniendo entre 10-18% de germinación (Febles *et al.*, 2006).

La relación parte aérea-raíz y la tasa de crecimiento disminuye a medida que la temperatura diaria se reduce de 31 a 16°C. Las raíces pueden brotar antes o después de la germinación de las yemas. En general, sólo después de transcurrir el primer mes de plantación el sistema radical ha alcanzado suficiente desarrollo para comenzar a nutrir la planta de manera satisfactoria (Febles *et al.*, 2006).

Para su plantación requiere de suelos profundos y que no tengan limitaciones nutricionales. No tiene buen comportamiento en suelos de mal drenaje o que se inundan. Puede plantarse en cualquier época del año (siempre que se disponga de riego), pero los mejores resultados se obtienen durante el período lluvioso (Febles *et al.*, 2006).

Los pastos de la región tropical son portadores del sendero C₄ de la fotosíntesis aprovechando la radiación solar para acelerar su crecimiento alcanzando niveles altos de biomasa; para su normal desarrollo es importante considerar varios factores ambientales, como el clima, las precipitaciones, las condiciones del suelo donde se va cultivar, los cuales determinarán y condicionarán el rendimiento y calidad del mismo.

I.4 Factores que influyen en el rendimiento y calidad

Los pastos y los forrajes han ocupado un lugar cimero a nivel mundial como base de la alimentación del ganado y constituyen el cultivo más extendido en la agricultura cubana (Valdés y Planas, 1999 y Molina *et al.*, 2000)

En Cuba, y especialmente en la región Oriental, la producción de pasto está influenciada por las condiciones climáticas existentes y principalmente por la distribución anual de las precipitaciones que, unida a otros factores como la temperatura y la radiación solar, hacen que los rendimientos de los pastos no sean estables durante todo el año (Fonseca, 2007).

La desigualdad en la distribución anual de las precipitaciones hace que la mayor producción de pastos ocurra en el período lluvioso, que se extiende de mayo a octubre y en el que cae el 80% de la precipitación promedio anual (1 300 mm) a nivel nacional, además de presentarse altas temperaturas y radiaciones solares, que oscilan entre 26,3 y 27°C lo cual favorece el crecimiento de las plantas. En la época de seca, que abarca de noviembre a abril, cae el 20% de las precipitaciones anuales y la producción de pasto se reduce drásticamente con promedio de temperaturas medias que varían en un rango de 22,5 a 25,5°C. (Hernández, 1996).

Lamela (1992) planteó que la productividad de los pastizales está muy relacionada con la variedad de pasto que se utilice, el nivel de fertilización, el uso o no de riego y el manejo a que sean sometidos. La fertilidad del suelo determina la magnitud de las respuestas que se puedan obtener. Los fertilizantes incrementan notablemente la producción de los pastos, al igual que el uso del riego cuando se dispone de este recurso.

Según (Paretas *et al.*, 1989) todos los *P. purpureum* se adaptan a un amplio rango de suelos (latosólicos, no calcareos y monmorilloníticos) se desarrollan en suelos con pH entre ligeramente ácidos y neutros con buen drenaje y poco erosionado, requiere altas temperaturas y precipitaciones anuales no menores de 1000 mm.

La aplicación de fertilizante nitrogenado merece especial atención, pues produce un incremento en las sustancias nutritivas nitrogenadas y trae consigo grandes beneficios sobre el consumo; al respecto se ha demostrado que puede elevarse hasta seis veces con relación a otro no fertilizado (Rodríguez *et al.*, 1976).

Se ha realizado una introducción generalizada acerca de los factores ambientales que pueden influir en el rendimiento y producción de pastos en la región tropical, pero es de gran importancia tomar en cuenta al factor climático en forma individual e investigar los estudios realizados con la finalidad de descubrir directamente la acción que toma en una explotación pastoril.

bbl.4.1 El clima

El clima constituye un importante factor ecológico que debe considerarse en cualquier sistema de explotación animal, sobre todo si está basado en el uso directo e intensivo de los pastos. Hay suficientes evidencias de que la influencia del clima es determinante en cada región por las fluctuaciones estacionales que causan las precipitaciones, temperaturas, y humedad en los rendimientos y calidad de los pastos (Jerez *et al.*, 1987).

En el Valle del Cauto el clima ha sido clasificado como tropical relativamente húmedo (Barranco y Díaz, 1989), siendo el tipo más extendido en las llanuras de Cuba, excepto las costeras del Valle de Guantánamo y Santiago de Cuba, con una temperatura media anual de 26°C. La temperatura mínima promedio alcanza los 19,7°C y la máxima los 33°C. La humedad relativa es de un 77% y las lluvias varían entre 900 y 1 200 mm anuales. Los vientos predominantes son del este-noroeste y del nortenoeste, con velocidades promedios de 11 km.hora⁻¹ (Rosell *et al.*, 2003).

Según la correlación que tiene lugar entre el clima y la vegetación (bioclima), también ha recibido la denominación de clima zenital de lluvias de verano con dos períodos secos (un largo período seco de invierno y uno corto de verano (Barranco *et al.*, 1990).

El clima de la región oriental de Cuba tiene muchas variaciones en este sentido se ha visto en la necesidad de crear nuevas variedades de pastos con resistencia a dichos cambios climáticos, tomando en cuenta esto, el estudio de las precipitaciones es de vital importancia cuando se pretende determinar la influencia de estos recursos climáticos en el manejo de un sistema de explotación animal con pastos, que brinden un menor costo económico.

I.4.2 Las precipitaciones

El factor climático más variable en el área tropical es la precipitación y su distribución a lo largo del año, lo cual incide marcadamente sobre la producción anual y estacional de fitomasa forrajera. Sin embargo, cualquier análisis del efecto de la disponibilidad de humedad sobre el crecimiento de los pastos, no debe

aislarse del tipo de suelo y del potencial genético de las plantas, pues entre estas últimas hay gran variabilidad respecto a su tolerancia al estrés de sequía (Baruch y Fisher, 1991).

Cuando se produce un déficit progresivo de la humedad en el suelo que ocasione un estado de marchitez temporal o permanente, se aprecian efectos negativos sobre el proceso fotosintético de las plantas (Bade *et al.*, 1986).

La cantidad y distribución de las lluvias tienen gran influencia en la curva de crecimiento anual de los pastos, debido a su estrecha relación con los factores bioquímicos y fisiológicos que regulan este proceso biológico de gran complejidad (Sanderson *et al.*, 1997).

La sequía agrícola se presenta cuando el agua con la que se cuenta, ya sea por precipitación o por almacenamiento en el suelo o en los diferentes cuerpos de agua, no es suficiente para que los cultivos puedan crecer y desarrollarse de manera adecuada. Esta tiene lugar cuando hay períodos de baja precipitación, evapotranspiración actual y potencial altas, déficit de agua en el suelo, reducción del nivel de agua en los ríos y acuíferos, entre otros. La demanda de agua por parte de la planta depende de las condiciones climáticas que prevalecen, de las características biológicas de la planta, de la etapa de crecimiento en la que se encuentre, y de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Anon, 2004).

Las precipitaciones son la fuente primordial de humedad para el suelo, ésta será aprovechada por los pastos. En estudios realizados se ha tomado en cuenta que en la República de Cuba encontramos épocas muy marcadas, una de poca lluvia en esta la producción de forraje se reduce, teniendo un déficit de alimento para los animales y otra época lluviosa, donde se desarrollan con más prontitud las especies forrajeras pero su calidad se reduce.

Por otra parte, tenemos a la temperatura, factor que interviene en el desarrollo fotosintético de las plantas, y que esta región es de vital importancia.

I.4.3La temperatura

No todas las especies de pastos tienen el mismo valor óptimo de temperatura para el cumplimiento de sus funciones vitales. En las gramíneas tropicales este valor está alrededor de los 27-35°C, y en las leguminosas entre 25 y 30°C, con una alta sensibilidad a las temperaturas que se registren entre los 15-20°C (Pezo, 1997), cuando la humedad no es un factor limitante, cuyos efectos negativos en el crecimiento ocurren entre los 0 y 15°C y en algunas especies a los 20°C, lo cual está determinado por la baja conversión de azúcares en los tejidos de las plantas, debido a la disminución de los procesos de biosíntesis y por un déficit energético producido por una reducción en la tasa respiratoria.

Por otra parte, un incremento de la temperatura por encima de 25%, de la temperatura óptima, aumenta bruscamente la respiración de las plantas, a la vez que disminuye la fotosíntesis, por lo que la disponibilidad de carbohidratos sintetizados para el crecimiento de la planta se reduce, acelerando la tasa de maduración, lo que resulta en notable incremento de la fracción fibrosa (Pezo, 1993).

Crespo *et al.*, (2000), señalaron que las altas temperaturas aumentan la evaporación del agua del suelo y la actividad de los organismos termófilos, incrementando la destrucción de la materia orgánica, proceso que ligado a una baja humedad del suelo y altas temperaturas de este, limitan la vida del suelo, su estructura y la obtención de nutrientes por la planta, pues el proceso de absorción también se reduce o detiene a altas temperaturas del suelo.

García-Trujillo y García-López, (1990) informaron que la temperatura es el factor climático más importante en nuestras condiciones, por su doble acción sobre el pasto y los animales. Los efectos detrimentales sobre la tasa de crecimiento de los pastos se presentan cuando ocurren temperaturas superiores al óptimo para la actividad fotosintética de las gramíneas (35°C) y de las leguminosas (28- 29°C) de clima cálido (Pezo *et al.*, 1992).

Con el incremento de la temperatura por encima de los valores antes citados, se reduce la actividad fotosintética, aumenta la demanda respiratoria y por consiguiente el crecimiento se deprime (Bade *et al.*, 1986).

Por otro lado, las altas temperaturas del trópico tienen implicaciones importantes en la calidad nutritiva de los pastos, ya que éstos aceleran la tasa de maduración de la fitomasa comestible, lo que resulta en incrementos notables en el contenido de las fracciones fibrosas, en la lignificación de las paredes celulares (Pezo, 1997), y en la consiguiente declinación de la digestibilidad (Wilson, 1984).

Por el contrario, cuando las temperaturas son inferiores a 20°C los procesos fisiológicos relacionados con el crecimiento y producción de materia seca son afectados (Whitheman *et al.*, 1984). Ello explica los bajos rendimientos de los pastizales en los meses más fríos del año (Jerez *et al.*, 1987; Ayala *et al.*, 1989; Senra *et al.*, 1989).

Los procesos bioquímicos y fisiológicos básicos relacionados con la síntesis, transporte y degradación de sustancias en los pastos están influenciados por la temperatura, por su relación con la cinética de las reacciones y el mantenimiento de la integridad de las membranas que componen a los tejidos de los pastos (Herrera, 2003).

La temperatura es un elemento que influye sobre el desarrollo de las gramíneas, a niveles elevados deja de actuar la reacción fotosintética de estas plantas e inicia el desarrollo de los carbohidratos estructurales, teniendo la formación de un alto contenido de fracción fibrosa y disminución de la fitomasa digestible, por tal razón las horas que un pasto tenga de radiación solar directa será fundamental para el desarrollo del sendero C₄.

I.4.4 Radiación solar

Las gramíneas tropicales tienen una elevada tasa de crecimiento, lo que se debe a la gran respuesta de estas a los niveles de radiación solar por su gran eficiencia fotosintética; de ahí que cultivos que se desarrollen en las regiones de alta radiación solar, tengan un alto potencial de producción de semillas (Matías y Ritt, 1988).

Para que un cultivo use eficientemente la radiación solar, gran parte de ésta debe ser absorbida por los tejidos fotosintéticos. Las hojas, principales órganos responsables de la fotosíntesis e intercepción de luz, se desarrollan en el embrión de las semillas y en los tejidos meristemáticos de los tallos.

Algunos cultivos perennes mantienen, en climas tropicales y subtropicales, una cobertura de suelo aproximadamente completa (área de suelo sombreada por las hojas), pero en regiones templadas las bajas temperaturas invernales reducen la cobertura. Los cultivos eficientes tienden a invertir la mayor parte de su crecimiento temprano en expandir su área foliar, lo que resulta en un mejor aprovechamiento de la radiación solar (Gardner *et al.*, 2000).

La comunidad de cultivo intercepta la luz solar directa y difusa. Las hojas superiores reciben ambos tipos de radiación, mientras que las hojas inferiores reciben una porción pequeña de radiación directa (Fonseca, 2007)

La radiación difusa llega a ser más significativa debido a la radiación transmitida a través de las hojas y reflejada desde las plantas y la superficie del suelo (Fonseca, 2007)

Paretas y Riveros, (1990) plantearon que la fotosíntesis foliar es más eficiente (dióxido de carbono fijado por unidad de radiación) a bajos niveles de radiación. Algunas hojas individuales están saturadas por la radiación bajo iluminación solar directa. Las especies C_4 usualmente no alcanzan la saturación de radiación en luz solar directa, lo cual significa que ellos usan altos niveles de radiación más eficientemente que las especies C_3 . Estos últimos usan más eficientemente la radiación a bajos niveles de radiación solar directa (Pentón, 2000).

El rendimiento es la acumulación de materia seca en el tiempo. La producción final de biomasa de un cultivo resultará de la eficiencia con que este haya utilizado la radiación solar y el tiempo durante el cual esta eficiencia se haya mantenido (Gardner *et al.*, 2000).

Las precipitaciones, la temperatura, la radiación solar ayudan a determinar las condiciones en las cuales se desenvolverá la planta pero es importante señalar que

no solo los factores climáticos determinan el rendimiento y producción de un pasto, el suelo es un factor importante, la planta adquiere la mayoría de nutrientes que este le brinda.

I.4.5 El suelo

Hernández, (2002) planteó que el suelo tiene una fuerte influencia en el crecimiento y productividad de los pastos, pues el mismo proporciona la humedad, nutrientes, oxígeno y temperatura necesaria para su óptimo desarrollo, donde el grado de fertilidad y productividad de los suelos determinan en gran medida el crecimiento y rendimiento de materia seca de los pastos.

En un informe de la (FAO, 2000) se señaló como principales factores limitantes de los suelos los siguientes: la acidez, la alcalinidad, la salinidad, la baja capacidad de intercambio de cationes (CIC), la fijación del fósforo y las propiedades de dilatación y contracción presentes en períodos muy húmedos o muy secos. Dentro de ellos se hace mucho énfasis en la acidez y la alcalinidad por ser factores estrechamente ligados a la CIC y a la fijación del fósforo, afectando la presencia de los cationes y demás nutrimentos en el complejo de absorción del suelo, lo que al mismo tiempo provoca desequilibrio en el suelo y por lo tanto se afecta el crecimiento y desarrollo de los cultivos (Rowell, 1994).

Una estructura compacta del suelo limita el desarrollo de la raíz, confinándola a un espacio pequeño de este. Este efecto elimina la vía que tienen las plantas tropicales de crecer en suelos con baja capacidad de cambio catiónico, que es su capacidad para explorar una gran cantidad de suelos, a través de un sistema radicular profuso. En los suelos tropicales, por tal motivo, los desequilibrios entre nutrientes son más limitantes en el crecimiento de las plantas que en su concentración (García *et al.*, 1993).

Los elementos minerales presentes en el suelo se hallan en diferentes proporciones y formas químicas, ya sea en compuestos orgánicos o sales minerales. Por ello, es que existen múltiples compuestos químicos implicados en los procesos fisiológicos relacionados con el crecimiento y producción de materia seca de los pastos (Crespo

et al., 2000), de los cuales se demostró en Cuba que el nitrógeno, fósforo y potasio son los más limitantes en los suelos (Crespo *et al.*, 1998).

Los suelos de la República de Cuba son altamente variados, que en muchos de los casos imposibilitan a la planta a un desarrollo adecuado, por tal razón es imperante adecuar gramíneas forrajeras altamente resistentes a estas condiciones y que obtengan un valor nutritivo que sea brindado a los animales en producción y estos al hombre como fuente proteica.

I.4.6 Calidad del pasto

Es preciso conocer, lo más exactamente posible, el valor alimenticio de los forrajes con que se cuenta para la realización de los balances alimentarios instantáneos y los plazos más prolongados que permitan prever la deficiencia alimentaria y solucionarlo en el momento requerido.

Los recursos para la alimentación de los rumiantes, son clasificados en fibrosos (pastos nativos, pastos cultivados, residuos agrícolas fibrosos, entre otros.) y no fibrosos (harinas de origen vegetal o animal y nitrógeno no proteico (Escobar, 1993). Los recursos fibrosos son relativamente abundantes y de acuerdo a la clasificación nutritiva convencional, son de media o pobre calidad. A este nivel de tipificación, el objetivo general debe ser mejorar la calidad de los recursos fibrosos. Es evidente que esto es difícil de alcanzar a mediano y corto plazo, lo cual obliga a considerar armónicamente los progresos deseables y posibles para esta clase de recurso alimentario.

I.4.7 Valor Nutritivo

Es importante conocer el valor nutritivo de los diferentes forrajes verdes y conservados en el trópico que pueden formar parte de la ración, que permitan expresar el potencial máximo de producción de los rumiantes y es uno de los recursos más económicos del sistema de producción.

Cabe precisar cuáles son los factores determinantes del valor nutritivo de los recursos fibrosos: factores ecológicos (clima y suelo), la estructura de las pasturas y pautas de manejo son determinantes de la calidad de los forrajes, así como de sus

variaciones estacionales. Durante el período de lluvias, la disponibilidad es alta y la calidad es media; en contraste durante el período seco, los dos atributos son severamente deteriorados (Fonseca, 2007)

Otros elementos minerales como el azufre, el calcio, el fósforo, el zinc, sodio, molibdeno, cobre y cobalto que frecuentemente son deficitarios en los pastos tropicales (García-Trujillo, 1983) pueden influenciar en el consumo, aunque estos se garantizan con pastos jóvenes y bien manejados para que los animales seleccionen las partes más nutritivas.

Mucho se ha publicado acerca del crecimiento de los pastos y, sobre todo, del efecto de la disponibilidad de humedad en la respuesta biológica de las plantas, la cual depende mucho de su potencial genético, que como se sabe, es muy variable visto por su tolerancia al estrés hídrico (Baruch y Fisher, 1991).

La hierba posee un contenido proteico referido a la materia seca cercano al 20%, que es notablemente más elevado que en la planta madura, en la que ese nutriente se reduce hasta el 5% o menos. Ello depende del mayor desarrollo de la parte foliar y de la intensa actividad metabólica y de síntesis de la planta joven.

La hierba joven tiene poca fibra, representada por la celulosa casi pura, a diferencia de la planta madura. Con el aumento del tenor de la celulosa se verifica el proceso de lignificación, que se determina una importante disminución de la digestibilidad en todas las sustancias nutritivas.

I.4.8 Frecuencia de Corte

Burton, (1986) señaló que el Napier cortado cada 6 meses y la caña de azúcar cosechada cada 12 ó 18 meses son las plantas que producen mayor cantidad de biomasa en el trópico. Alexander, (1983) obtuvo en Puerto Rico rendimientos de 65 t MS/ha cuando cortó 12 veces al año el Napier, lo que fue superior al valor alcanzado con la caña de azúcar cortada una vez al año.

(Martínez *et al.*, 1994) señalaron que cuando el King grass, al igual que otros Pennisetum, se cortó con mayor frecuencia decrecen drásticamente sus rendimientos. Así, cuando se cosechó cada 3 meses disminuyó a menos de un

tercio (30 t MS/ha) y cuando se cortó cada 6 meses, el rendimiento fue superior al de la caña de azúcar segada una vez al año.

I.4.9 Altura de corte

Uno de los aspectos que influye notablemente en la producción y persistencia del forraje es la altura a que se corta, debido a las reservas que se dejan en el tocón, las que existen en las raíces y a la cantidad de área foliar remanente. Un adecuado balance de estos factores permitirá buen rebrote sin que se afecte la persistencia del pasto (Herrera, 1981).

La altura de corte de 20 cm permite al pasto almacenar mayor cantidad de reservas y la cepa no se deteriora. Además, la disminución de la altura con los años de explotación coincide con lo informado por varios autores (Crespo, 1981 y Ramos, 1983) para la guinea y pasto estrella, respectivamente.

I.4.10 Edad de rebrote

Los aspectos relacionados con el efecto de la edad y la madurez de los forrajes en la producción y valor nutritivo se señalaron por autores como (Pizarro *et al.*, 1993), quienes plantearon que el efecto de la madurez es mucho más importante que el del período, en la calidad de la hierba. Estos autores encontraron que cuando el *Panicum maximum* se cortó de 42 a 210 días, el porcentaje de proteína bajó de 16,4 a 3%, respectivamente y la digestibilidad también descendió considerablemente con la edad.

Martín, (1998) planteó que la edad tiene influencia positiva en el rendimiento de materia seca, pero que afecta la calidad (Seguí, 1987) afirmó, que esto último constituye un problema que debe solucionarse, máxime cuando no se dispone de altos insumos para garantizar la alimentación del ganado tanto basado en pastos fertilizados como a través de concentrados y mieles. Por ello, la obtención de cultivares que presenten elevados rendimientos de materia seca y mejor calidad, con el empleo de bajos insumos, es un objetivo primordial y permanente en el programa de mejoramiento genético de las plantas forrajeras (Seguí *et al.*, 1998).

En el Valle del Cauto aparecen estudios que señalaron la influencia de la edad en el rendimiento y calidad de los pastos en esta región. Las investigaciones de (Fernández *et al.*, 2000) en *Brachiaria purpurascens* vc. Aguada demostraron mayores rendimientos de este pasto a la sexta semana de estudio, disminuyendo la PB desde 10 hasta 7,2% con incremento de la FB.

Trabajos de (Fernández *et al.*, 2001) en *Brachiaria radicans* confirmaron estos resultados. Sin embargo, no se realizó el análisis detallado de la influencia de los factores del clima, muy en particular de las precipitaciones teniendo en cuenta que la diferencia de las temperaturas tanto máximas como medias no excede los 1,1 grados, aunque si sucedió para la mínima. Por otra parte, en estos trabajos no aparece escrito lo referente a la humedad relativa y la radiación solar, factores que influyen en el comportamiento de los pastos.

I.5 Rendimiento y calidad del género *Pennisetum*

En el mundo, y sobre todo en los países tropicales, se ha trabajado y se trabaja intensamente en la obtención de nuevas variedades de pastos por diferentes vías, entre las que predomina la biotecnológica. Estos esfuerzos han estado dirigidos a alcanzar cultivares con potenciales productivos, valor nutritivo, adaptación y resistencia al ambiente que superen a las variedades locales e incidan positivamente en la producción ganadera.

Para el mejoramiento genético, se ha trabajado en Cuba en la obtención de variedades de gramíneas forrajeras de alta producción de biomasa. Entre las vías disponibles, Herrera y Martínez, (2006) citaron las biotecnológicas (cultivo de tejidos, de células, de protoplastos e ingeniería genética), radiaciones ionizantes provenientes de diferentes fuentes (mutágenos físicos), sustancias químicas (mutágenos químicos) y la combinación de ellas.

Como resultado de los primeros estudios del mejoramiento del *Pennisetum purpureum* en Cuba, se han generado diferentes clones, algunos de los cuales han manifestado la estabilidad genética necesaria para ser considerados como variedades, tal son los casos, entre otras, del Cuba CT-115 y Cuba CT-169, las

cuales se consideran entre las más destacadas para el pastoreo, la primera, y para el corte, la segunda (Fonseca, 2007).

El CUBA CT-169 se caracteriza por tener hojas muy largas y anchas, lo que le confiere mayor calidad al material al aumentar la proporción de hojas con relación al tallo. Comparado con el king grass, en áreas del Instituto de Ciencia Animal, disminuyó 10% su rendimiento para niveles productivos superiores a 40 t MS.ha-1.año-1 en cuatro cortes al año. En otras localidades con niveles productivos más bajos los rendimientos han sido similares. En áreas forrajeras del Instituto de Ciencia Animal se obtuvieron rendimientos netos de 127 t.ha-1 en el primer año de explotación cuando se sembró a 90 cm y con previa aplicación de materia orgánica. Además, estas siembras se caracterizaron por su alta germinación y viabilidad al emplear semillas de 3-5 meses. Este somaclón inicia su floración en la segunda quincena de noviembre, por lo que se considera de floración tardía. En la primera tabla se resumen algunas de las ventajas del CUBA CT-169 comparado con el king grass (Fonseca, 2007)

Tabla 1. Ventajas del CUBA CT-169 comparado con el king grass.

Indicadores	Unidades
Mayor tenor de proteína bruta	0.9-1.0
Mayor digestibilidad	2-3
Mayor proporción de hojas	8-12
Mayor contenido de cenizas en hojas	1.0
Mayor tenor de carbohidratos solubles en agua	0.3-0.4
Menor cantidad de nitratos en tallos	0.7
Hojas más largas, cm	8-10
Hojas más anchas, cm	0.5-0.7

Fuente (Anon 2000).

I.6 Uso del género *Pennisetum* en la ganadería

Entre los primeros estudios con *Pennisetum* en pastoreo, se encuentran los realizados en México por (Fernández Baca *et al.*, 1986), en el que se compararon las siguientes gramíneas en pastoreo: guinea (*Panicum maximum*); elefante

(*Pennisetum purpureum*); estrella de África (*Cynodon plectostachyus*); estrella de Santo Domingo (*Cynodon nlemfuensis*) y pastizal nativo (*Paspalum spp.* y *Axonopus spp.*). Todos los pastos se fertilizaron con 60 kg de P₂O₅/ha/año.

Por otra parte, salvo los pastizales nativos, los demás recibieron 160 kg de N/ha/año. Se utilizaron dos fases experimentales (fase I, de 475 días y fase II de 297 días). Además del pasto, las vacas recibieron una suplementación de 3 kg de melaza con 3% de urea diariamente, así como sales minerales con 12,5% de fósforo, ofrecido ad libitum, mezclada con sal común (Fernández *et al.*, 1986).

I.7 Sistemas de Pastoreo

En Cuba, el manejo del pastizal debe estar en correspondencia con los sistemas que más se ajusten a las condiciones actuales, ya que no se dispone de riego para los pastizales, ni se utilizan o se aplican muy bajos niveles de fertilizantes químicos (Senra, 2005).

Los sistemas que más utilizamos son los que hemos llamado Sistemas de Semiestabulación (Pastoreo restringido en tiempo y calidad de pastos) y Pastoreo Libre (Pastoreo sin restricción de tiempo) (Senra, 1992).

Precisamente, en estos sistemas la dieta fundamental de los animales proviene del pastizal, aunque en los de Semiestabulación, los pastizales solamente aportan alrededor del 20 % de la producción anual, en la época lluviosa, por lo cual, en esa época de estiaje, la dieta básica consiste en complementos y suplementos que se deben basar en productos y subproductos regionales, lo que sería más económico. Lo anterior determina que se haga necesario una explotación más racional de los pastos y forrajes, por el gran potencial de producción de biomasa de los pastos en el trópico, debido al sendero fotosintético C₄ que poseen (Avendaño, 1996), lo que representa una ventaja con relación a los países de clima templado (Pezo *et al.*, 1992).

I.7.1 Pastoreo Continuo

Es aquel en que los animales se mantienen pastando en un solo cuartón o potrero. Se relaciona, generalmente, a condiciones extensivas de explotación. En este

método el ganado tiende a consumir las plantas más tiernas, por las mayores posibilidades de selección, dejando en el pastizal las plantas maduras. Por lo general no existe un control, por parte de hombre, del tiempo de reposo para la recuperación de la planta. Por ello se caracteriza por la poca uniformidad en el contenido bromatológico del pasto, debido a la variabilidad en el consumo, que genera áreas sobrepastoreadas y áreas subpastoreadas, lo que se acentúa en la medida que la carga animal o la presión de pastoreo es más baja.

Además, a medida que disminuye la disponibilidad del pasto para el animal, lo que equivale a un aumento de la presión de pastoreo, este se ve obligado a consumir las hierbas más maduras y los estratos inferiores del pastizal, con menor calidad, lo que podría comprometer el comportamiento animal (Reyes *et al.*, 2000). Así mismo, este aumento de la presión de pastoreo puede llegar a afectar, seriamente, las posibilidades de un rebrote adecuado de la planta, como es el caso del consumo correspondiente a los puntos de rebrote en algunas leguminosas rastreras.

No obstante, se caracterizan por su estabilidad en rendimiento y composición botánica, en las condiciones de praderas naturales, ya que estas se fueron estableciendo, acorde con las condiciones de suelo y manejo a que fueron sometidos (Huss *et al.*, 1996) y, si no se producen cambios que violen los principios fundamentales de manejo, mantendrán su sostenibilidad.

I.7.2 Pastoreo Rotacional

Se caracteriza por disponer de más de un potrero. Cuando el área del pastoreo se divide en dos, recibe el nombre de Pastoreo Alterno, no obstante, en comparación con el Pastoreo Continuo facilita la fertilización, el uso de herbicidas para el control de las malezas; pero son demasiado largos los períodos de consumo, e iguales a los tiempos de reposo, por lo que se presentan los mismos problemas de áreas sobrepastoreadas y subpastoreadas que en el pastoreo continuo; pero en menor magnitud.

El Pastoreo Rotacional se halla generalmente asociado a condiciones intensivas de explotación. Este puede llegar a un alto número de subdivisiones, en cuyo caso correspondería a los llamados pastoreos de “alta densidad” o pastoreos de “corta

duración”, porque las menores áreas de cada subdivisión determina una alta densidad de animales por unidad de área, con tiempos cortos de ocupación de cada cuartón o subdivisión, así como altas cargas instantáneas; que se definen como el número de Unidades de Ganado Mayor (UGM) por hectárea en un día (UGM/ha/día) (Voisin 1963, Cruz, 1996). Esto no conlleva, necesariamente, un incremento de la Intensidad de Pastoreo, que es el número de UGM en el tiempo total de ocupación (UGM/ha) (Voisin 1963, Senra, 1996). Para incrementar la Intensidad de Pastoreo se tendría que aumentar la carga global o los días de ocupación. Realmente, los pastoreos de “alta densidad” se han incluido en los sistemas de explotación más atractivos.

I.7.3 Comparación entre Pastoreo Continuo y Rotacional

La comparación entre estos dos métodos clásicos de pastoreo, aun no permite conclusiones claras. En el Rotacional se pueden presentar variantes en un número mayor que en el Continuo, lo que permite una mayor flexibilidad para ajustar el manejo a las disímiles condiciones que se presentan en los sistemas de explotación.

Por ejemplo, en el Pastoreo Continuo las principales variaciones que determinan variantes en este método, son la carga fija o variable, acorde con la época del año, lo que es más factible en ganado de carne, y la intensidad de las cargas.

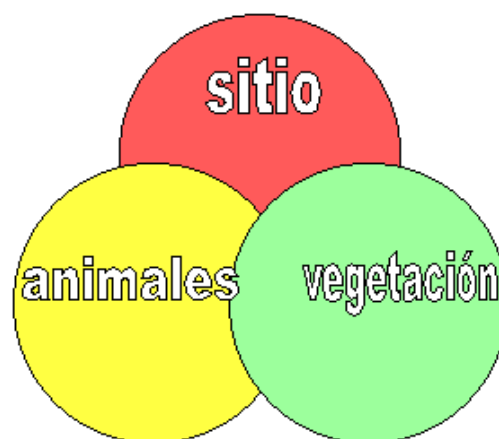
En el Pastoreo Rotacional tenemos el método de alta utilización del pasto (Senra, 2003), para obtener mayor producción por área, y el de alta producción por animal. Con respecto al tiempo de estancia y reposo, estos pueden ser fijos o variables, al igual que el número de animales. Así mismo, este método de pastoreo podrá ser en franjas variables o fijas. Estas franjas se delimitan con cercado eléctrico, especialmente cuando su área es variable. Sin embargo, el Pastoreo Continuo tiene como ventajas, no solo la mayor posibilidad de selección de la hierba, sino también que no requiere gastos por la división de los potreros interiores, y los usuarios no requieren de conocimientos técnicos especiales.

Un sistema eficiente debe estar siempre orientada que el animal consuma la mayor cantidad posible de forraje de buena calidad para llenar sus requerimientos de sostenimiento, la producción y reproducción, según el sistema de explotación con el

menor deterioro de la especie forrajera y del suelo. Existen diferentes sistemas de pastoreo, de los cuales varían principalmente con el nivel de producción que se desea obtener, los costos, especies de pastos, especie y tipo de animal, topografía, disponibilidad de agua y los insumos, precio de la tierra y mano de obra entre otros factores. (Grupo Latino, 2004)

La ganadería pastoril depende de tres componentes básicos: sitio o tierra de pasto, los animales pastoriles, y la vegetación pastoril.

Estos tres factores y sus influencias mutuas crean y recrean a lo largo del tiempo los ecosistemas pastoriles.



El conocimiento de la relación de los factores climáticos, la edad y el rendimiento y calidad de la especie *Pennisetum purpureum*, permitirá establecer un manejo adecuado y el empleo de esta especie en diferentes sistemas de alimentación, lo que llevará a una utilización más eficiente de las especies utilizadas en pastoreo.

CAPITULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

II.1 Área de Investigación

Se realizó un experimento en el Centro de Inseminación Artificial Granma, localizado en la provincia de Granma a 7 km de la ciudad de Bayamo, al sureste de Cuba. Se utilizó un área de la especie *Pennisetum purpureum* vc. Cuba CT-169, el cual tenía 2 años y seis meses de establecida. El estudio se llevó a cabo durante los períodos poco lluvioso, de enero a abril y lluvioso, de julio a octubre del 2011.

El promedio de las precipitaciones en la provincia en los seis años anteriores al experimento fue de 979 mm. En el área experimental algunos de los indicadores climáticos se comportaron de la siguiente manera: el período poco lluvioso las precipitaciones fueron de 141 mm, la temperatura media de 25,2 °C, la mínima promedio 18,3 °C, la máxima 30 °C y la humedad relativa promedio de 72%. En el período lluvioso los valores fueron de 761 mm, 27,2°C, 23,2°C, 33.5°C y 82%-.

II.2 Composición química del suelo.

El suelo presente en el área experimental es el Aluvial poco diferenciado. Se sustenta sobre materiales transportados carbonatados o no, su contenido de materia orgánica varía desde medianamente humificado (2,0 – 4,0 %) hasta poco humificado (<2,0%), su textura es muy variable desde un Loams arcilloso, una arcilla ligera, hasta un Loams arenoso, lo que induce variación en sus propiedades físicas y químicas, la profundidad efectiva tiene rangos de variación desde profundos (91-150 cm) hasta poco profundos (25-50 cm). La topografía es llana, generalmente su fertilidad natural es baja, pero son muy productivos cuando se trabajan correctamente. La composición química del suelo se muestra más adelante. (tabla 2)

Tabla 2. Composición química del suelo

pH	mg/100g de suelo			MO %
	P ₂ O ₅	K ₂ O	N total	
6.2	2.5	38.5	34,0	3.2

(Tomado de Dirección Provincial de Suelos y Fertilizantes de Granma 2010).

II.3 Tratamientos y diseño experimental

Tomando en cuenta el objetivo planteado de establecer la relación de los indicadores productivos y de calidad de la especie *Pennisetum purpureum* vc. CT 169 con la edad de rebrote y los factores climáticos en el Valle del Cauto se diseñó una parcela donde se ubicó la variedad, se empleó un diseño de bloques al azar con cuatro réplicas y los tratamientos consistieron en las seis edades de rebrote (30, 45, 60, 75, 90 105 días) en ambos períodos estacionales.

II.4 Procedimiento

Al inicio de la evaluación en cada período, se realizó un corte de uniformidad a 10 cm del suelo (enero y julio para el período poco lluvioso y lluvioso, respectivamente), se delimitó una parcela de 25m² correspondientes a las edades de rebrote (30, 45, 60, 75, 90 y 105 días) con 50 cm por cada lado para el efecto de borde. El área no se regó ni fertilizó durante el experimento. La parcela estaba constituida por 95% del pasto *Pennisetum purpureum* vc. CT 169, 3% de gramíneas pertenecientes al género *Dichanthium* y 2% de especies pertenecientes a la familia *Cyperaceas*.

El rendimiento se determinó mediante el corte total de la parcela en cada tratamiento. Se tomó en cuenta la composición botánica al expresar el rendimiento de las variedades en estudio. Posterior al peso en verde de la parcela total, se separaron las hojas y los tallos verdes, se pesaron de forma individual según (Herrera, 2006), se secaron en una estufa de circulación de aire durante 72 horas a 65°C y permitió determinar la proporción de estos. Para esto se emplearon 200g de cada muestra con 4 réplicas por tratamiento.

Composición química: se determinó en los laboratorios del departamento de producción Animal de la Universidad de León según:

1. Materia seca (MS): por deshidratación forzada en estufa de circulación a 65 °C durante 72 horas (AOAC 1995).
2. Proteína bruta (PB): por el método Kjeldhal (AOAC 1995).
3. FAD, LAD, LND, según Van Soest (1967).
4. P y Ca de acuerdo con AOAC (1995).

II.5 Análisis estadístico y cálculos

Para la distribución normal de los datos se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov (Massey, 1951) y para la homogeneidad de las varianzas la prueba de Bartlett, (1937).

Se realizó análisis de correlación lineal entre los indicadores del rendimiento, la calidad (variables dependientes) y los elementos del clima y la edad (variables independientes) para cada período estacional. Se informaron sólo los R^2 .

A partir de estos resultados se establecieron ecuaciones lineales múltiples entre el RMS, PB, FB, DMS, DMO, EM y ENL y los factores del clima.

Para la selección de la ecuación de mejor ajuste se consideró alto valor de R^2 , alta significación, bajo error estándar de los términos y de estimación, menor cuadrado medio del error, aporte significativo de los términos de la ecuación y bajo coeficiente de indeterminación ($1-R^2$).

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la matriz de correlación (tabla 3) reflejan altas correlaciones del *Pennisetum purpureum* vc. Cuba CT-169 en el período lluvioso con referencia a la edad y lluvias totales sobrepasando el 90% (exceptuando el Ca y el P). Con respecto a las temperaturas: en la mínima el índice de correlación es bajo, mostrando valores menores al 10% para el P; en la máxima reflejó valores bajos, siendo el más alto la FAD con 56%, estos son superiores a los indicados con anterioridad para de la temperatura mínima; para la temperatura media sobrepasaron el 90% (excepto para los T, PB, RMS, Ca). En el caso de la humedad relativa y la Radiación Solar los índices fueron bajos.

Tabla 3. Matriz de correlación del *Pennisetum purpureum* vc. Cuba CT-169 en el período lluvioso.

Variable	Edad	Lluvias totales	Temp. Mín.	Temp. Máx.	Temp. Med.	Humedad relativa	Radiación Solar
RMS	0,95***	0,96***	-0,72***	-0,10	-0,71***	0,53**	-0,18
H	-0,98***	-0,97***	0,65***	0,21	0,80***	-0,62***	0,30
T	0,98***	0,97***	-0,66***	-0,20	-0,79***	0,61***	-0,30
PB	-0,97***	-0,97***	0,71***	0,12	0,76***	-0,57**	0,22
FND	0,96***	0,95***	-0,48	-0,49	-0,92***	0,78***	-0,59**
FAD	0,95***	0,93***	-0,34	-0,56**	-0,93***	0,86***	-0,58**
LIG	0,93***	0,89***	-0,27	-0,55**	-0,93***	0,87***	-0,56**
Ca	0,88***	0,81***	-0,22	-0,40	-0,83***	0,78***	-0,35
P	-0,75***	-0,71***	0,09	0,65***	0,86***	-0,84***	0,65***

*p<0,05 **p<0,01 ***p<0,001

En la década del 60 del pasado siglo se desarrollaron varios trabajos, con elevado rigor científico y recursos técnicos para determinar el efecto de los factores climáticos en el crecimiento, desarrollo y composición química de varios pastos (Dernum, 1966 y 1976 y Dirven, 1976).

Estas investigaciones se condujeron en invernaderos donde era posible controlar las temperaturas diurnas y nocturnas, la duración, intensidad y calidad de la luz, la humedad relativa y la calidad del agua suministrada entre otros factores. Los resultados sentaron las bases para establecer el comportamiento de los pastos e incluso explicar las diferencias entre los tropicales y los templados.

Estos estudios fueron de vital importancia para establecer elementos básicos fundamentales de la fisiología, crecimiento y desarrollo de los pastos. Sin embargo, su alcance práctico era limitado debido a las relaciones e interacciones que se establecen entre esos elementos y el pasto cuando se desarrolla en las condiciones de campo.

Estudios realizados por (Sanderson *et al.*,1997) determinaron que la cantidad y distribución de las lluvias tienen gran influencia en la curva de crecimiento anual de los pastos, debido a su estrecha relación con los factores bioquímicos y fisiológicos que regulan este proceso biológico de gran complejidad. Por tal razón en los meses donde exista un mayor nivel de precipitaciones el forraje se desarrolla de manera ascendente dando una elevada cantidad de biomasa, de aquí las altas correlaciones con las lluvias totales.

Lo anterior se reafirmó con lo planteado por Herrera y Ramos, (2006), quienes señalaron que el clima es el conjunto de las condiciones meteorológicas que suelen darse en una región y es el resultado de la combinación de varias propiedades físicas de la atmósfera (temperatura, humedad, vientos, radiaciones, estado eléctrico), que suelen concurrir en la misma y perduran durante un período de tiempo.

Al establecer las relaciones entre los factores climáticos (precipitaciones, temperatura, humedad relativa y radiación solar) se obtuvieron altas correlaciones negativas de la PB con las lluvias totales. Esto pudiera estar determinado por el incremento del rendimiento al acumularse mayor cantidad de agua y aumentar la fracción tallo, la que posee menor cantidad de proteína bruta y mayor de los componentes de la pared. Todo lo contrario ocurrió para los componentes de la pared celular, muy en especial para la FND, FAD, y L.

Por otra parte, (Lösch, 1995) planteó que el agua es el componente esencial de las células de las plantas, que casi todos los procesos metabólicos dependen de su presencia. Además, se requiere para el mantenimiento de la presión de turgencia, la difusión de solutos en y entre las células, y suministra el hidrógeno y oxígeno que están involucrados durante el proceso fotosintético, lo que permite reafirmar las altas correlaciones reflejadas entre los diferentes indicadores evaluados de las variedades aquí estudiadas y las precipitaciones.

En lo referente a la temperatura (Pezo, 1993) mencionó que un incremento de la temperatura por encima de un 25,0%, de la temperatura óptima, aumenta bruscamente la respiración de las plantas, a la vez que disminuye la fotosíntesis, por lo que la disponibilidad de carbohidratos sintetizados para el crecimiento de la planta se reduce, acelerando la tasa de maduración, lo que resulta en un notable incremento de la fracción fibrosa. Sin embargo, llamó poderosamente la atención que los coeficientes de correlación en esta investigación para período lluvioso no fueron altos.

Durante el período poco lluvioso se alcanzaron los mayores R^2 comparado con el lluvioso. Esto pudiera estar relacionado con el hecho de que los valores de esta temperatura en el Valle del Caucho son relativamente altos.

Los coeficientes de correlación en el período poco lluvioso fueron altos para la mayoría de las variables; para la edad que sobrepasó del 90% (excepto el P). Por su parte, las lluvias totales presentaron coeficientes por encima de 0.60 excepto el P. Con respecto a las temperaturas: la mínima reflejó altas correlaciones excepto el P, para el caso la máxima todas fueron altas, al igual que para la temperatura media. La humedad relativa y la radiación solar indicaron bajos coeficientes, siendo la más alta 86% para la PB.

Tabla_4 Matriz de correlación del Cuba CT-169 (*Pennisetum purpureum*) en el período poco lluvioso.

Variable	Edad	Lluvias totales	Temp. Mín.	Temp. Máx.	Temp. Med.	Humedad relativa	Radiación Solar
RMS	0,96***	0,69***	0,86***	0,96***	0,94***	-0,84***	-0,45
H	-0,99***	-0,79***	-0,93***	-0,98***	-0,98***	0,76***	0,33
T	0,98***	0,78***	0,93***	0,99***	0,97***	-0,76***	-0,33
PB	-0,95***	-0,69***	-0,82***	-0,93***	-0,90***	0,86***	0,50**
FND	0,92***	0,68***	0,74***	0,85***	0,82***	-0,84***	-0,65***
FAD	0,95***	0,94***	0,94***	0,88***	0,92***	-0,47*	-0,33
LIG	0,98***	0,85***	0,95***	0,98***	0,98***	-0,68***	-0,25
Ca	0,94***	0,95***	0,88***	0,86***	0,88***	-0,51**	-0,37
P	-0,81***	-0,54**	-0,59**	-0,75***	-0,69***	0,87***	0,66***

*p<0,05 **p<0,01 ***p<0,001

Herrera,(2008) planteó que las mejores correlaciones se obtuvieron cuando se relacionaron el número de días con lluvias, temperaturas máximas mayores de 27 °C y temperaturas mínimas de 15 °C. Lo explicó mediante patrón del comportamiento de estos indicadores en la región occidental de país. Es probable que esto sea la causa de los resultados aquí encontrados ya que el número de días con temperaturas mínimas menores de 15 °C y máximas superiores a 27 °C se incrementaron en el Valle del Cauto. Sin embargo, esta hipótesis debe ser avalada en estudios futuros en otras zonas de la región oriental de Cuba.

En este período se observó un bajo coeficiente de correlación con las lluvias totales para el rendimiento, lo que puede estar dado por la disminución de las precipitaciones en esta época del año. Los trabajos de (Paretas, 1990) determinaron que solo existe un 20% del total de lluvias anuales y que cuando se produce un déficit progresivo de la humedad en el suelo que ocasione un estado de marchitez temporal o permanente, se aprecian efectos negativos sobre el proceso fotosintético de las plantas y se verá afectado el rendimiento de la gramínea (Bade *et al.*, 1986).

El comportamiento con la radiación solar no es fácil de explicar, ya que este es un elemento fundamental para la realización de la fotosíntesis y la síntesis de los metabolitos necesarios para el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Matías y Ritt, (1988) opinaron que las gramíneas tropicales tienen una elevada tasa de crecimiento, lo que se debe a la gran respuesta de estas a los niveles de radiación solar por su gran eficiencia fotosintética; de ahí que cultivos que se desarrollen en las regiones de alta radiación solar, tengan un alto potencial de producción de semillas. Por otra parte, este mismo autor planteó que para que un cultivo use eficientemente la radiación solar, gran parte de ésta debe ser absorbida por los tejidos fotosintéticos, y como se señaló en el párrafo anterior, al existir mayor cantidad de precipitaciones los pastos tienden a incrementar su crecimiento foliar, acelerando su maduración y disminuyendo la síntesis de compuestos orgánicos, explicando así su baja correlación con los indicadores de calidad del pasto.

Investigaciones desarrolladas plantearon, que cuando se produce un déficit de humedad en el suelo se afecta el proceso fotosintético de las plantas (Bade *et al.*, 1986) afectándose no solo el rendimiento, sino también su calidad. En Cuba, la curva de producción de los pastos muestra un comportamiento estacional, y los valores de rendimiento en el período poco lluvioso son alrededor de 20% del total del año, con la peculiaridad de que en esta época predomina su calidad (Martín, 1998). En diferentes estudios mediante análisis bromatológicos se ha podido determinar un incremento de la calidad del pasto a nivel de las hojas pero su baja correlación se debe a su bajo rendimiento por hectárea.

La radiación solar, factor de gran importancia en el crecimiento de las plantas, debido al papel fundamental que desempeña en el proceso de fotosíntesis, en la respuesta fotoperiódica de algunos cultivos (Paretas y Rivero, 1990), así como su influencia en otros procesos metabólicos de la planta que determinan su composición química, ya sea por cambios en la intensidad como en la calidad de la luz. El aumento en la intensidad de la luz según Del Pozo, (2004) favorece los procesos de síntesis y acumulación de carbohidratos solubles en la planta,

mostrando un comportamiento inverso con el resto de los constituyentes solubles y estructurales, siempre que otros factores no sean limitantes.

Buxton y Fales, (1994) señalaron que en las regiones tropicales la reducción de la intensidad de radiación por el efecto de la sombra cambia la composición química de los forrajes y en especial, sus componentes celulares. Sin embargo, en esta investigación el patrón de comportamiento de la radiación solar no es fácil de explicar, ya que este es un elemento fundamental para la realización de la fotosíntesis y la síntesis de los metabolitos necesarios para el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Sin embargo, (Herrera, 2006) al determinar los espectros de absorción de la luz en el *Pennisetum purpureum* encontró las mayores absorciones durante el período poco lluvioso comparado con el lluvioso. Además estos espectros tenían el mismo comportamiento durante los meses del año, pero sus valores absolutos eran diferentes. Por ello, atribuyó que existía un problema de eficiencia, utilización y transformación de la energía lumínica en química y que a su vez, esto se expresara en el rendimiento del pasto. Por lo que, es probable que algo similar ocurriera en las variedades aquí estudiadas.

Es necesario destacar que el estado de madurez de la planta es, tal vez, el más importante y determinante en la calidad del forraje. Durante el proceso de crecimiento de la planta, después del estado foliar inicial existe rápido incremento de materia seca y cambio continuo en los componentes orgánicos e inorgánicos. En la medida que avanza el estado de madurez, la formación de los componentes estructurales (lignina, celulosa y hemicelulosa) ocurren con mayor velocidad que el incremento de los carbohidratos solubles. Además, los componentes nitrogenados progresivamente constituyen menor proporción de la materia seca (Pirela, 2005).

En este sentido la edad de la planta refleja una alta correlación que sobrepasa el 90% tanto para la época lluviosa como para la época de poca lluvia, tomando en cuenta la edad de corte y el mejor rendimiento de biomasa digestible.

La disminución de calidad de *Pennisetum purpureum* vc. Cuba CT-169 al incrementarse la edad no difiere de la restantes gramíneas. El conocimiento del incremento de indicadores como la PB, FAD y la lignina es de gran importancia para

lograr la mejor utilización de esta variedad de reciente introducción en la alimentación animal.

De los indicadores estudiados se realizó una selección de ellos debido a su importancia) para relacionarlos con los factores climáticos y la edad en cada época del año. En todos los casos, las mejores expresiones (R^2 mayor de 0,95, $P < 0,001$ y bajos cuadrados medios del error, coeficiente de indeterminación y error estándar de estimación) se obtuvieron cuando se emplearon las lluvias, la temperatura máxima y humedad relativa, lo cual reafirma los resultados presentados con anterioridad.

En las ecuaciones múltiples lineales para la época lluviosa se obtuvieron coeficientes de determinación (R^2) superior al 95% para la mayoría de variables dependientes excepto el fósforo con 75%, considerándose el más bajo.

Los bajos errores estándar y cuadrado medios del error demuestran la confiabilidad de los modelos y la explicación de las variables dependientes por los factores del clima y la edad.

Tabla_5 Ecuaciones múltiples lineales para el *Pennisetum purpureum* vc. Cuba CT-169 en el período lluvioso.

Variable	a	b	EE±	C	EE±	D	EE±	R^2	1- R^2	CMe	EE±
RMS	387	0,177	0,05	-18,51	0,04	5,68	0,04	0,97	0,03	0,60	0,77
H	-2867	-0,80	0,04	22,61	7,36	26,74	5,46	0,98	0,02	3,03	1,743
T	3179	0,77	0,06	-24,59	0,08	-28,5	0,11	0,98	0,02	2,24	1,49
PB	165	-0,10	0,08	-0,005	0,08	-4,35	0,01	0,99	0,01	0,19	0,03
FND	2000	0,26	0,08	-23,08	0,11	-14,20	0,16	0,97	0,03	0,72	0,52
FAD	366	0,4	0,04	-10,73	0,1	6,20	0,1	0,97	0,03	0,53	0,73
LIG	37,98	0,066	0,01	0,0099	0,002	-1,07	0,19	0,95	0,05	0,026	0,16
Ca	-5.72	0,0067	0,001	-0,0011	0,0002	0,26	0,11	0,98	0,02	0,0002	0,09
P	0,0038	-0,0022	0,001	0,0004	0,0001	0,063	0,02	0,73	0,27	0,0002	0,01

* $p < 0,05$ ** $p < 0,01$ *** $p < 0,001$

a= Término independiente; **b**= Edad; **c**= T. Máx. (%T, FND, FAD); **c**= ll (%PB, LIG., Ca, P); **d**= HR (FND); **d**= T.max. (PB y LIG); **d**= RS (FAD y P); T.min. (Ca)

En la época poco lluviosa se obtuvieron coeficientes superiores al 93% para todas las variables dependientes y muchas de ellas llegaron a expresar hasta 99% como la PB, expresándose una relación muy cercana de los factores climáticos y la edad, rendimiento con el rendimiento y calidad de la variedad de en estudio.

Al igual que en el período lluvioso se reflejaron bajos cuadrados medios del error y error estándar, lo que explica la estrecha relación de las variables regresoras con la variable dependiente.

Tabla_6 Ecuaciones múltiples lineales para el *Pennisetum purpureum* vc. Cuba CT-169 en el período poco lluvioso.

Variable	A	B	EE±	c	EE±	d	EE±	R ²	1-R ²	CMe	EE±
RMS	-28,92	0,10	0,05	-0,04	0,04	0,39	0,02	0,99	0,01	0,002	0,04
H	450,59	-1,01	0,15	0,35	0,11	-4,76	0,07	0,99	0,01	1,49	1,22
T	-294,89	0,91	0,18	-0,31	0,3	3,99	0,09	0,99	0,01	0,024	1,34
PB	-17,01	-0,189	0,06	0,05	0,02	1,16	0,05	0,99	0,01	0,024	0,15
FND	168,56	0,29	0,25	-0,07	0,10	-3,85	0,20	0,94	0,06	0,49	0,70
FAD	8,82	0,11	0,13	-0,78	0,14	0,65	0,04	0,97	0,03	0,10	0,32
LAD	8,99	0,02	0,14	0,034	0,13	0,25	0,04	0,97	0,03	0,01	0,10
Ca	1,81	0,01	0,19	-0,15	0,20	0,039	0,07	0,94	0,06	0,002	0,04
P	-8,94	-0,005	0,21	0,13	0,22	0,06	0,07	0,93	0,07	0,0004	0,002

*p<0,05 **p<0,01 ***p<0,001

a= Termino Independiente; **b=** Edad; **c=** T.max. (FAD, LIG, Ca, P); **c=** Lluvia (RMS, %H,% T, PB, FND); **d=** HR (RMS, %H, %T, FAD, Ca, P); **d=** T.max.(PB, FND); **d=** RS (LIG)

En la literatura disponible consultada se encontraron pocos trabajos que hacen referencia a esta temática, lo cual pone al descubierto un campo de investigación virgen y muy en especial en el Valle del Cauto, que se caracteriza por sus altas temperaturas, bajas precipitaciones e intensos períodos de sequía.

Trabajos recientes de Ramírez de la Ribera, (2011), plantearon coeficientes altos al establecer ecuaciones múltiples que relacionaron los factores climáticos con el rendimiento y calidad para esta misma especie en el Valle del Cauto. Sin embargo, es necesario destacar que este autor no empleó la edad como variable independiente, lo que sin duda da mayor precisión a esta investigación.

Por otra parte, estas expresiones pudieran ser utilizadas para comenzar y desarrollar una nueva filosofía en el estudio, selección y manejo de los pastos, donde los elementos climáticos desempeñan un importante papel.

CAPITULO IV

IV.1 CONCLUSIONES

1. Los coeficientes de correlación que relacionaron indicadores del clima, la edad y el rendimiento e indicadores de la calidad se obtuvieron para la lluvia, la temperatura media, la temperatura mínima y la humedad relativa en ambos períodos climáticos. Con relación a la temperatura máxima los coeficientes fueron variables y en general, hubo relación variable con la radiación lumínica.
2. Se establecieron ecuaciones de regresión múltiple lineal que permiten calcular el RMS, %H, %T, PB, FND, FAD, lignina, Ca y P a partir de las lluvias totales, temperatura máxima. Temperatura mínima, Temperatura media y humedad relativa, radiación solar y la edad de rebrote.

IV.2 RECOMENDACIONES:

1. Emplear las ecuaciones matemáticas que expresan la relación del RMS e indicadores de la calidad con la edad de rebrote y los factores climáticos, como elementos básicos que contribuyan a diseñar estrategias de manejo más eficiente de las variedades evaluadas o de otras que puedan ser estudiadas e introducidas en el futuro.
2. Comprobar y avalar las expresiones aquí obtenidas en otras condiciones edafoclimáticas, con otras especies a mayor escala y duración.

IV.3 BIBLIOGRAFÍA:

1. Anon 1997. Jerarquía taxonómica disponible en: <http://www.inbio.ac.cr/bims/ko3/p13/co46/00159/fo1382/g00868615027467.htm>.
2. Anon. 2000. Programa Nacional de lucha contra la desertificación y la sequía en la República de Cuba. CITMA, La Habana. CD-ROM.
3. Anon. 2004. Convención de las Naciones Unidas contra la Desertificación en países afectados por sequía grave y desertificación.
4. Avendaño, J.C. 1996. Recomendaciones prácticas para instrumentar el Pastoreo Intensivo Tecnificado. En: Pastoreo Intensivo en Zonas Tropicales. 1er Foro Internacional. FIRABanco de México, Veracruz, México.
5. Alexander, A.G. 1983. Tropical grasses as a renewable energy source. 3rd Ann. Solar and Biomasa Workshop. p. 209. AOAC. 1995. Official Methods of Analysis. 16th Ed. Ass. Off. Anal. Chem. Washington, D.C.
6. Ayala, J.R.; Sistachs, M. y Herrera, R.S. 1989. Methodology to determine planting time in king grass (*Pennisetum* sp.) using historical climate indices. Proceedings XVI International Grassland Congress. Nice, France
7. Bade, D.H.; Conrad, B.D. y Holt, E.L. 1986. Temperature and water stress effects on growth of tropical grasses. *Herbage Abstracts*. 56:978
8. Barranco, Grisel.; Paretas, J.J. y Suárez, J.J. 1990. Características generales y regionales del clima de Cuba. En: Ecosistemas y regionalización de los pastos en Cuba. Ed. Universidad de La Habana, Cuba. 178 p.
9. Barranco, Grisell y Díaz L.R. 1989. Clima. En: Nuevo Atlas Nacional de Cuba. Inst. Geogr. ACC; ICGC, MINFAR Nac. España. VI. 1. 2
10. Baruch, Z. y Fisher, M.T. 1991. Factores climáticos y de competencia que afectan el desarrollo de la planta en el establecimiento de posturas. En: Lascano, C.E. y Spain, J.M. (eds.). Establecimiento y renovación de pasturas: conceptos, experiencias y enfoque de investigación. 6ta. Reunión Comité Asesor RIEPT-CIAT. Cali, Colombia. p. 103
11. Bucke, C. y Oliver, J. 1975. Location of enzymes metabolising sucrose and starch in grasses *Pennisetum purpureum* and *Mullenbergia montana*. *Planta*. 122:45.

12. Burton, G.W. 1986. Biomasa production from herbaceous plant. Biomass Energy Development. Ed. W.H. Smith, Plenum Publishing Corp.
13. Buxton, D.R. y Fales, S.L. 1994. Plant environment and quality. En: Forage Quality Evaluation and Utilization. Edited by American Society Agronomy Crop Science Soc. of American, Madison, USA: p. 155-199.
14. Cáceres, O. y González, E. 2000. Metodología para la determinación del valor nutritivo de los forrajes tropicales. Pastos y Forrajes. 23(2): 87-92.
15. Crespo, G. 1981. Variación de la respuesta al N de guinea (*Panicum maximun* Jacq) y pangola (*Digitaria decumbens* Stent) a través del año. Tesis de Dr. Ciencias, Instituto de Ciencia Animal, La Habana.
16. Crespo, G.; Castillo, E. y Rodríguez, Idalmis. 1998. Estudio del reciclado de N-P-K en dos sistemas de producción de vacuno de carne en pastoreo. En: Memorias III Taller Internacional Silvopastoril "Los árboles y arbustos en la ganadería". EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 234
17. Crespo, G.; Rodriguez, I.; Torres, V.; Ortiz, I. y Cabrera, G. 2000. Contribución al conocimiento del reciclaje de los nutrientes en el sistema suelo-planta-animal en Cuba. EDICA. p. 72
18. Delnum, B. 1966. Climate, nitrogen and Grass. Research inti the influnce of light intensity, temperature, water supply and nitrogen on the production and chemical composition of Grass. Medod. Landboowhogeschool, Wagenigen, Holanda.
19. Delnum, B. 1976. Photosynthesis and sink size: na explination for the low production of Grass ewards in automn. Neth. J. agric. Sci. 24: 238.
20. Dirven, J. G. P. 1976. Tropical rooghage. Int. Course on dairy cattle hosbandry. Int. Agric. Centre, Wageningen, Holanda.
21. Escobar, A. 1993. Novedades en los sistemas de alimentación del ganado destinado a la producción de leche en América Latina y el Caribe. ACPA. 12(1):5
22. Del Pozo, P. P. 2004. Bases ecofisiológicas para el manejo de los pastos tropicales. Anuario Nuevo, Universidad Agraria de La Habana, Cuba http://www.produccionbovina.com/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/30-

- bases_ecofisiologicas_manejo_pasturas_tropicales. htm. [Consultado 23 de septiembre de 2011].
23. FAO. 2000. Manual de prácticas integradoras de manejo y conservación de suelos. Roma. p.220.
 24. Febles et al., 2006. Pennisetum purpureum para la ganadería tropical p. 1-2 ; 7-10.
 25. Fernández-Baca, S., Rafael de Lucía, S. y Lara, L.C. 1986. Producción de leche y carne con pastos tropicales. Una experiencia en el trópico. Rev. Mundial de Zootecnia. No.58.
 26. Fernández, J. L., Benítez, D.E., Gómez, I., Tandrón, Isel y Ray, J. 2000. Efecto de la edad de rebrote en el rendimiento de *Brachiaria purpurascens* vc. Aguada en el Valle del Cauto en Cuba. Rev. Cubana Cienc. Agríc. 34(3): 267-272.
 27. Fernández, J. L., Benítez, D. E., Gómez, I., Cordoví, E. y Leonard, I. 2001. Growth dynamics of *Brachiaria radicans* vc. Tanner under edaphic and climatic conditions of Cauto valley in Granma province. Cuban Journal of Agricultural Science 35 (4): 399-405.
 28. Fernández, J.L. 2003. Establecimiento de la autosuficiencia alimentaria en fincas ganaderas de la provincia Granma. Proyecto Territorial de Innovación Tecnológica. Informe final. Instituto de Investigaciones Agropecuarias “Jorge Dimitrov”. Granma, Cuba.
 29. Fonseca, Dalibia. 2007. Evaluación agronómica de nuevas variedades Pennisetum purpureum en condiciones de sequía el Valle del Cauto, “INDIO HATUEY”. Matanzas. Cuba
 30. Gardner, F.P.; Brent Pearce, R. y Mitchel, R.L. 2000. Carbon fixation by crop canopies In: Physiology of Crop Plants. Iowa State University Press. p. 31
 31. García, R.; Jordán, H.; Crespo, G. y Reyes, J. 1993. Manejo de los pastizales en el trópico. Bases y perspectivas. Conferencia. En: Trópico 93. Universidad de Colima. México. 19 p.
 32. García-Trujillo, R. y García-López, R. 1990. Mecanismos que desencadenan la producción de leche. En: Bases para la producción de leche. 1. Lactancia y Reproducción. EDICA. La Habana, Cuba. p. 21

33. García-Trujillo, R. 1983. Potencial y utilización de los pastos tropicales para la producción de leche. En: Los pastos en Cuba. Tomo II. Utilización. EDICA. La Habana, Cuba. p. 248.
34. Gold, K. 1968. Grass systematics. Mc. Grow-Hill Book Company. p. 13.
35. GRUPO LATINO, Volvamos al Campo; Manual Ganadero Actual Tomo; Edición 2004 Colombia P.956-958.
36. Hernández, I. 1996. Efectos de diferentes proporciones de semillas en la siembra asociada del (*Teramnus labiales*). Pastos y Forrajes. 18 (5):43-48.
37. Hernández, Marta. 2002. Los suelos ganaderos en Cuba. Curso Fundamentos de la producción de pastos. Programa de maestría en Pastos y Forrajes. Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey". Matanzas. Cuba
38. Herrera, R.S. 1981. Influencia del fertilizante nitrogenado y la edad de rebrote en la calidad del pasto Bermuda cruzada. Tesis Dr. Ciencias, Instituto de Ciencia Animal, La Habana.
39. Herrera, R.S. 1990. Introducción y características botánicas En: King grass. Plantación, establecimiento y manejo en Cuba. Ed. EDICA. Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba. p.
40. Herrera, R.; Martínez, O.; Cruz, R. Producción de biomasa con hierba elefante (King grass) y caña de azúcar para la ganadería tropical, carbohidratos solubles y estructurales. Revista Cubana de Ciencias Agrícolas. 1995; 29. (2): 245.
41. Herrera, R.S. 2003 La fisiología vegetal y los pastos. Conferencia (postgrado). ICA. La Habana. Cuba
42. Herrera, G. F. 2004. Pastos Tropicales. Fisiología, calidad y métodos de muestreo. Documento Doctorado Grupal. Universidad de Granma. Pág. 49.
43. Herrera, R. S. 2006 Fotosíntesis En: Pastos tropicales, contribución a la Fisiología, establecimiento, rendimiento de biomasa, producción de biomasa, producción de semillas y reciclaje de nutrientes, Ed. EDICA. ICA, La Habana. p. 37.

44. Herrera, R.S. y Martínez, R.O. 2006. Mejoramiento genético por vías no clásicas. Cap. II. En: *Pennisetum purpureum* para la ganadería tropical. (Eds. R.S. Herrera, G.J. Febles y G.J. Crespo). EDICA. La Habana, Cuba. p. 15
45. Herrera, R.S. y Ramos, N. 2006. Factores que influyen en la producción de biomasa y calidad. En *Pennisetum purpureum* para la ganadería tropical. EDICA, La Habana. p. 79.
46. Herrera, R.S. 2008. Principios básicos de Fisiología Vegetal. En: Pastos tropicales, principios generales agrotecnia y producción de materia seca. Ed. Instituto de Ciencia Animal y FIRA, México. p 1.
47. Huss, D.L.; Bernardón, A.E.; Anderson, D.L. & Brun, J.A. 1996. Principios de manejo de praderas naturales. Segunda Edición INTA-FAO. Serie: Zonas áridas y semiáridas. No. 6. Santiago. Chile. p.2-72
48. Jérez, Irma; Rivero, J.L. y Pérez, Isabel. 1987. Evaluación de tres gramíneas tropicales. IV. Efecto de la carga en la producción de materia seca y algunos indicadores de calidad. Rev. cubana Cienc. agríc. 21
49. Lamela, L. 1992. Sistemas de producción de leche. En: Producción e investigación en pastos tropicales. (Ed. T. Clavero). Universidad del Zulia. Venezuela. p. 151.
50. Lösch, R. 1995. Plant water relations. En: Physiology. Progress in Botany. V 56 Springer Forlag Berlin 56: 55- 96.
51. Martín, P.C. 1998. Valor nutritivo de las gramíneas tropicales. Rev. Cubana Cienc. Agríc. 32(1):1-9.
52. Martín, P. C. Valor nutritivo de las gramíneas tropicales. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 1998; 32 (1): 1
53. Martínez, R.O.; Herrera, R.S.; Cruz, R. y Torres, V. 1994. Cultivo de tejido y fitotecnia de las mutaciones de los pastos tropicales. *Pennisetum purpureum* ejemplo para la obtención de nuevos clones. Rev. cubana de Ciencias agrícolas. 30:1.
54. Massey, F. J. 1951. The Kolmogorov-Smirnov test for goodness of fit. Journal of the American Statistical Association. 68-78.

55. Matías, C. y Ritt, S. 1988. Influencia de dos zonas edafoclimáticas diferentes en el potencial de producción de semilla de cinco cultivares de guinea (*Panicum maximum* Jacq.). *Pastos y Forrajes*. 11:143
56. Molina, A.; Valdés, G. y Castillo, E. 2000. Alternativas tecnológicas para la producción de leche y carne en las actuales condiciones de Cuba. *ACPA*. 19(1):39
57. Paretas, J.J.; Suárez, J.J.; Vádez, L.R. 1989. Gramíneas y leguminosas comerciales y promisorias para la ganadería en Cuba. MINAGRI, Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes.
58. Paretas, J.J. 1990. Ecosistemas y regionalización de los pastos en Cuba. Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes. MINAGRI. 178 p.
59. Paretas, J.J. y Rivero, R. 1990. Metodología para la regionalización de gramíneas. En *Ecosistemas y regionalización de pastos en Cuba*. (Ed. J.J. Paretas). Inst. Inv. de Pastos y Forrajes. MINAG. La Habana. Cuba. p. 133
60. Pentón, Gertrudis. 2000. Tolerancia del *Panicum maximum* cv. Likoni a la sombra en condiciones controladas. *Pastos y Forrajes*. 23(1):79
61. Pereira, A. 1994. Germoplasma e diversidade genética do capim elefante. En: L.P. Passos, L. De Almeida and C.E. Martins. *Anais II Simposio sobre capim-elefante*. MG. EMBRAPA-CNPGL. p. 171.
62. Pezo, D; Romero, F. y Ibrahim, M. 1992. Producción, manejo y utilización de los pastos tropicales para la producción de leche y carne. En: Fernández-Boca, S. (ed.). *Avances en la producción de leche y carne en el trópico americano*. FAO. Santiago. Chile. p. 47
63. Pezo, D. 1993. Interacción suelo-planta-animal en sistemas de producción animal basados en el uso de pasturas: Algunas experiencias en el trópico húmedo. En: T. Clavero (ed.). *IV Jornada de Producción e Investigación en Pastos Tropicales*. Maracaibo, Venezuela. p. 113 128.
64. Pezo, D. 1997. Producción y utilización de pastos tropicales para la producción de leche. En Clavero, T. (ed.). *Estrategias de alimentación para la ganadería tropical*. Centro de Transferencia de Tecnología en Pastos y Forrajes, Univ. del Zulia. Maracaibo, Venezuela. p.53

65. Pirela, M.F. 2005. Valor nutritivo de los pastos tropicales. Manual de ganadería doble propósito. Disponible en. <http://avpa.vc/doc pdf s/libroson line/Manual de ganadería/sección 3/articulo 6.pdf>. [Consultado 8 de noviembre de 2011].
66. Pizarro, E. 2001. Grasses and legumes for tropical zones. Ln: Tejos, R,C. Zootecnia Tropical 19(1): 59-71.
67. Ramírez, Jorge L.; Verdecia, Danis; Leonard, Ismael 2008. Rendimiento y caracterización química del Pennisetum Cuba CT 169 en un suelo pluvisol, Cuba. REDVET. Revista electrónica de Veterinaria 1695-7504 2008 Volumen IX Número 5.
68. Ramírez de la Ribera, J.L., Herrera, R., Verdecia, D., Leonard, I. y Álvarez, Y. 2010. Rendimiento de materia seca y calidad nutritiva del pasto *Brachiaria brizantha* x *Brachiaria ruziziensis* vc. Mulato en un suelo fluvisol del Valle del Cauto, Cuba. Rev. Cubana. Cienc. Agríc. 44(1): p 65-72.
69. Ramos, N. 1983. Contribución al estudio de especies y variedades de Cynodon para la producción de forraje. Tesis Dr. Ciencias, Instituto de Ciencia Animal, La Habana.
70. Reyes, J., Vidal, I., Gonzáles, M. y Fonte, D. 2000. Tres intensidades de pastoreo en el comportamiento del pasto estrella. Rev. cubana Cienc. agric. 32:353.
71. Rodríguez, J.M.; Lannes, M. & Chávez, J.L. 1976. Características nutritivas de los principales alimentos y aditivos utilizados en la alimentación de los animales. Fac. Ciencias Agrop. Universidad de La Habana. Cuba. P: 42
72. Rodríguez, Idalmis. Crespo, G., Torres, Verena, Calero, B., Morales Amalia, Otero, Lázara, Hernández L., Fraga, S. y Santillán Bertha. 2008. Evaluación integral del complejo suelo-planta en una unidad lechera, con silvopastoreo, en la provincia La Habana, Cuba. Revista Cubana de Cienc. Agríc. 42(4): 403- 408.
73. Rosell, P.A.; Lemes, Blanca N.; Jiménez, A.; Peña, S. y Milán C. 2003. Diagnóstico urbanoambiental. Ciudad de Bayamo. Ed. OPPM. Bayamo. Granma, Cuba. p. 134

74. Rowell, H.L. 1994. Soil Science: Methods and applications. London. Longman. 350 p.
75. Sanderson, M.A; Stair, D.W. y Hussey, M.A. 1997. Physiological and morphological responses of perennial forages to stress. *Advances in Agronomy*. 59: 171
76. Senra, A.F.; Ugarte, J.; Diallo, A.M. y Galindo, Juana. 1989. Hábito de pastoreo de vacas Holstein durante la época de seca en diferente número de cuartones de pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) fertilizado. *Rev. cubana Cienc. agric.* 23:241
77. Senra, A. 1992. Producción de leche en los sistemas que se aplican en Cuba. *Rev. Cubana Cienc. Agric.* 26:245.
78. Senra, A. 1996. Reducción del número de potreros en vacas lecheras aplicando los principios básicos de manejo eficiente del pastizal. Ponencia XI Forum de Ciencia y Técnica. Municipio San José de Las Lajas, Prov. Habana.
79. Senra, A. 2003. Principales métodos de pastoreo. En: Manejo de los pastizales y suplementación. Conferencias. Curso de Diplomado, "La Noria", San Luis de Potosí, México
80. Senra, A. 2005. Índices para controlar la eficiencia y sostenibilidad del ecosistema del pastizal en la explotación bovina. *Rev. cubana Cienc. Agric.* 39:13
81. Seguí, Esperanza. 1987. Estudios genéticos para la selección de hierba de guinea (*Panicum maximum* Jacq) en Cuba. Tesis presentada en opción al grado de candidato a Dr. en Ciencias Agrícolas. INCA-ISCAH. La Habana. Cuba. 104p.
82. Seguí, Esperanza, Blanco, F. y Machado Hilda. 1998. Selección de híbridos promisorios de *Panicum maximum* Jacq para el periodo poco lluvioso. *Pastos y Forrajes*. 21(3): 215-220.
83. Sollenberger, L., Prine, G., Ocumpaugh, W., Hanna, W., Jones, C., Schank, S. y Kalnibacher, R. 1988. Mott Dwarf Elephant grass: a high quality forage for the subtropic and tropics. Univ. Of Florida. USAH. Circular S-356.

84. Sosa R. E, Pérez, R. D., Ortega, R. L. y Zapata B.G. 2004. Evaluación del potencial forrajero de árboles y arbustos tropicales para la alimentación de ovinos. *Téc Pecu Méx.* 42(2):129-144.
85. Tropical forrajes disponible en:
http://www.tropicalforages.info/key/Forages/Media/Html/Pennisetum_purpureum.htm
86. Valdés, G. y Planas, Teresa. 1999. Ganadería de cría y alimentación. *ACPA.* 18(1):47
87. Van Soest, P.J. 1967. Development of a comprehensive System of feed analysis its application to forages. *J. Anim. Sci.* 26: 116-128.
88. Voisin, A. 1963. Productividad de la hierba. Edit. Tecnos. S.A. Madrid, España. Cruz, C. 1996. Curso de producción de bovinos de Doble propósito. Univ. Nacional Autónoma de México. pp. 33.
89. Whiteman, P.C.; Maing, S.D. y Bornes, P.B. 1984. Effect of temperature and day length on dry matter yield and flowering of two accessions of *Cassia rotundifolia*. *Tropical grasslands.* 18:174
90. Wilson, J.R. 1984. Environmental and nutritional factors affecting herbage quality. In: Hocker, J.B. (ed). *Nutritional limits to animal production from pastures.* CAB, Farmhand Royal, UK. p. 133

ANEXOS



Pennisetum purpureum vc. CT. 169



Recolección de muestras del *Penninsetum purpureum*



Pesaje de Muestras



Medición de la Materia Verde (hojas, tallos, Vaina)

Pennisetum purpureum (6 meses edad)

